芪楂口服液药渣对断奶仔猪生长性能和肠道健康的影响

苏家宜[1,2]　孔祥峰[2,3]　李华伟[2]　黎智华[2]　印遇龙[2]　王占彬[1*]

（1.河南科技大学动物科技学院，洛阳 471003；2.中国科学院亚热带农业生态研究所，湖南省畜禽健康养殖工程技术研究中心，农业部中南动物营养与饲料科学观测实验站，长沙 410125；3.湖南省植物功能成分利用协同创新中心，长沙 410128）

摘　要：为了探讨中药渣作为饲料原料或饲料添加剂的可行性，本试验选用 21 日龄断奶仔猪 120 头，随机分为对照组、芪楂口服液药渣组、发酵芪楂口服液药渣组和氧化锌组，比较研究发酵前和发酵后芪楂口服液药渣对断奶仔猪生长性能、营养物质消化率、肠黏膜形态结构和紧密连接蛋白 mRNA 相对表达量。每组 5 个重复，每个重复 6 头仔猪。试验期为 28 d。结果表明：1）试验全期（第 1~28 天），发酵芪楂口服液药渣组仔猪的料重比显著低于对照组和芪楂口服液药渣组（$P>0.05$），氧化锌组仔猪腹泻率显著低于其他各组（$P<0.05$）。2）试验第 28 天，发酵芪楂口服液药渣组仔猪的干物质、粗脂肪和粗蛋白质消化率显著低于对照组（$P<0.05$），粗脂肪消化率显著低于芪楂口服液药渣组（$P<0.05$），粗蛋白质消化率显著低于氧化锌组（$P<0.05$）。3）发酵芪楂口服液药渣组仔猪空肠、回肠绒毛高度和绒毛高度/隐窝深度值大于芪楂口服液药渣组（$P>0.05$），绒毛宽度和隐窝深度小于芪楂口服液药渣组（$P>0.05$）。4）各试验组空肠、回肠和结肠闭锁蛋白和紧密连接相关蛋白-1 的 mRNA 相对表达量无显著差异（$P>0.05$）。综上所述，与芪楂口服液药渣相比，发酵芪楂口服液药渣可在一定程度上改善断奶仔猪肠道形态结构，二者对紧密连接蛋白 mRNA 相对表达量没有显著影响。

收稿日期：2016-11-22
基金项目：湖南省战略性新兴产业科技攻关项目（2014GK1007）；中央驻湘科研机构技术创新发展专项（2013TF3006）；中国工程院咨询研究项目（2015-XY-41）
作者简介：苏家宜（1992-），女，河南新乡人，硕士研究生，从事猪营养生理研究。E-mail: sjy19920406@126.com
*通信作者：王占彬，教授，博士生导师，E-mail: wangzhanbin3696@126.com

关键词：芪楂口服液药渣；发酵；断奶仔猪；生长性能；肠道健康

中图分类号：S828 文献标识码： 文章编号：

早期断奶容易导致仔猪腹泻、营养不良，进而影响仔猪生长性能，严重者甚至导致死亡。在饲粮中添加高剂量（2 500~4 000 mg/kg）的氧化锌具有提高断奶仔猪的生长性能、促进肠道发育、增强肠道功能、降低腹泻率等功能[1-2]，但长期使用也会带来营养拮抗、消化道紊乱、采食量降低、抑制生长发育、细菌产生耐药性、环境污染等问题[3]。另外，我国规定除了可以在断奶后 2 周的仔猪饲粮中添加 3 000 mg/kg 以内的氧化锌外，其他阶段都禁止使用高剂量氧化锌。所以，目前迫切需要研发出绿色、高效的饲用原料或饲料添加剂。我国中药资源丰富，其中除了含有大量的药物成分和生物活性物质[4]，还含有蛋白质、多糖、脂类、维生素和微量元素等营养成分，可以促进动物生长发育、增强机体免疫力和抗氧化功能、改善肠道微生态等[5]。但由于受加工目的、提取方法和工艺条件等因素的影响，中药成分的提取不够完全，中药渣中残留许多与中药原料功效类似的活性成分。因此中药渣也是一笔巨大的资源，如果对其进行进一步加工利用，不仅可以提高中药的综合利用率，节约中药资源，还能减少中药渣对环境的污染。研究表明，由黄芪、山楂、苍术、麦芽、大黄和大青叶等中药组成的芪楂口服液，含有黄芪甲苷、大黄酚和大黄酸等生物活性成分，具有益气扶正、除湿健脾、消食开胃之功效，临床上主要用于动物促生长和增强机体的免疫力[6]。笔者推测，芪楂口服液药渣（*Qi-Zha* oral solution residues，QOR）也具有相同的功效。此外，芪楂口服液药渣经过微生物发酵处理后，其中不仅含有中药的活性成分，还含有微生物细胞及其代谢产物等，可以促进动物的肠道健康。因此，本试验通过研究发酵前后芪楂口服液药渣中营养成分的变化及其对断奶仔猪生长性能、营养物质消化率、肠黏膜形态结构和紧密连接蛋白 mRNA 相对表达量的影响，探讨芪楂口服液药渣作为断奶仔猪饲料原料或饲料添加剂的可行性。

1　材料与方法

1.1　发酵芪楂口服液药渣制备

试验选用芪楂口服液（黄芪、山楂、苍术、麦芽、大黄和大青叶）的药渣，由湖南圣雅凯生物科技有限公司提供。芪楂口服液主要活性成分为黄芪甲苷、大黄酚和大黄酸等，其中中药活性成分水提率约为70%。取水提后的芪楂口服液药渣（含水量为40%~60%），按0.4%的比例接种复合菌种（含枯草芽孢杆菌、酵母菌、乳酸菌和丁酸梭菌等，活菌量≥2×10^{10} CFU/g），置25 ℃以上条件下发酵1周，每天翻动1~2次，发酵后真空干燥，粉碎。

1.2　试验设计

试验选用21日龄断奶的杜×长×大杂交仔猪120头（平均体重6 kg左右），公、母各占1/2，随机分为4个组，每组5个重复，每个重复6头仔猪。4个组分别是对照组（饲喂基础饲粮，不添加氧化锌）、芪楂口服液药渣组（基础饲粮中添加5 kg/t芪楂口服液药渣）、发酵芪楂口服液药渣组（基础饲粮中添加5 kg/t发酵芪楂口服液药渣）和氧化锌组（基础饲粮中添加3 000 mg/kg氧化锌）。基础饲粮参照NRC（2012）营养需要配制成粉料，其组成及营养水平见表1。

表1　基础饲粮组成及营养水平（饲喂基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basic diet (as fed-basis)　%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[2)]	含量 Content
玉米 Corn	22.00	消化能 DE/（MJ/kg）	14.23
碎米 Broken rice	25.00	粗蛋白质 CP	18.02
小麦粉 Wheat flour	12.00	粗脂肪 EE	4.37
葡萄糖 Glucose	3.00	粗灰分 Ash	3.82
豆粕 Soybean meal	10.50	粗纤维 CF	2.31

膨化大豆 Puffed soybean	10.00	钙 Ca	0.80
发酵豆粕 Fermented soybean meal	2.50	总磷 TP	0.55
鱼粉 Fish meal	3.00	有效磷 AP	0.40
低蛋白乳清粉 Low-protein whey powder	5.00	赖氨酸 Lys	1.38
鸡蛋粉 Egg powder	0.50	蛋氨酸 Met	0.49
豆油 Soybean oil	1.00	苏氨酸 Thr	0.87
柠檬酸 Citric acid	1.50	色氨酸 Trp	0.24
预混料 Premix[1]	4.00		
合计 Total	100.00		

1) 预混料组成符合 NRC（2012）推荐的保育猪营养需要量。The composition of premix meets the nutritional needs that NRC (2012) recommended for nursery piglets.

2) 营养成分含量均为计算值。Nutrient contents are all calculated values.

动物试验在中国科学院亚热带农业生态研究所新五丰永安实验基地进行，时间为 2015 年 7 月 16 日至 2015 年 8 月 14 日，试验期为 28 d。严格按照断奶仔猪管理方案进行饲养，每次饲粮添加量以吃饱后槽内略有余料为度，自由饮水。

1.3 生长性能与腹泻率测定

分别于试验第 1、7 和 28 天空腹称取每头仔猪的体重，每天记录每栏仔猪的采食量，计算每组仔猪各阶段的平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）和料重比（F/G）。

每天 09:00 和 16:00，观察仔猪肛门处粪便污染情况和栏上残留粪便的形态，确定腹泻仔猪头数，统计每组仔猪的腹泻率。

1.4 发酵前后芪楂口服液药渣中营养成分测定

试验开始前，采集发酵前后芪楂口服液药渣，-20 ℃保存，参照张丽英[7]的方法测定干物质（DM）、粗蛋白质（CP）、粗脂肪（EE）、粗纤维（CF）、酸性洗涤纤维（ADF）、中性

洗涤纤维（NDF）和粗灰分（Ash）的含量，利用温式全自动量热仪测定总能（GE）。

1.5　营养物质消化率测定

在试验第 1 和 21 天，在各组饲粮中添加 0.1%的氧化钛作为外源指示剂，采集每组饲粮，-20 ℃保存；在试验第 7 和 28 天，清晨采集每栏仔猪的新鲜粪便样品，-20 ℃保存，参照 Li 等[8]的方法测定 DM、CP、EE 和 GE 的消化率。

1.6　肠道形态结构测定

取前段空肠和后段回肠组织，用生理盐水冲洗，置于 10%中性福尔马林溶液中固定。

将固定的组织经水洗、透明、浸蜡、包埋等处理后，在室温下制备 5 μm 的切片，经展片、烘片后苏木精-伊红（HE）染色，中性树胶封片。在 OLYMPUS BX-51 显微镜下观察、拍照，测量绒毛高度（VH）、绒毛宽度（VW）和隐窝深度（CD），并计算绒毛高度/隐窝深度（V/C）值。

1.7　肠道紧密连接蛋白 mRNA 相对表达量测定

分别取前段空肠、后段回肠和结肠组织，生理盐水冲洗，液氮速冻后-80 ℃保存。利用 RNA Isolation Solvent 试剂提取肠道组织总 RNA，PrimeScript RT 试剂盒反转录。以 β-肌动蛋白（β-actin）为内参，利用实时荧光定量 PCR 技术对肠道紧密连接蛋白闭锁蛋白（Occludin）、紧密连接相关蛋白-1（*ZO*-1）进行定量分析。β-actin 上、下游引物序列分别为 CTGCGGCATCCACGAAACT 和 AGGGCCGTGATCTCCTTCTG；Occludin 上、下游引物序列分别为 ATGCCTCCTCCCCTTTCG 和 CGCCCGTCGTGTAGTCTGTC；*ZO*-1 上、下游引物序列分别为 TACCCTGCGGCTGGAAGA 和 GGACGGGACCTGCTCATAACT，基因序列由上海生工合成。反应体系为 10 μL：5 μL Luminaris Color Higreen high ROX qPCR Master Mix (2×)，0.4 μL 上游引物，0.4 μL 下游引物，2.2 μL Nuclease-free H_2O，2 μL cDNA 模板。反应程序为：50 ℃ 2 min，95 ℃10 min，95 ℃ 15 s，60 ℃ 1 min，共 40 个循环。

1.8　数据统计与分析

利用Execl 2010整理数据后，用SPSS 17.0软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA），并用Duncan氏法对各组平均值进行多重比较。结果以“平均值±标准误”表示，P＜0.05表示差异显著。

2　结果与分析

2.1　发酵前后芪楂口服液药渣营养成分的变化

由表2可知，发酵后芪楂口服液药渣中DM、CP、ADF、Ash含量和GE分别比发酵前提高了0.84%、10.70%、3.57%、1.73%和4.20%，CF、NDF和EE含量分别比发酵前降低了55.69%、48.51%和32.45%。

表2　发酵前后芪楂口服液药渣的营养成分含量

Table 2　Nutrient contents of QOR before and after fermentation

营养成分 Nutrients	芪楂口服液药渣 QOR	发酵芪楂口服液药渣 Fermented QOR
总能 GE/（MJ/kg）	13.09	13.64
干物质 DM/%	95.04	95.84
粗蛋白质 CP/%	7.72	8.55
粗纤维 CF/%	2.46	1.09
酸性洗涤纤维 ADF/%	44.15	45.73
中性洗涤纤维 NDF/%	50.07	25.78
粗脂肪 EE/%	5.70	3.85
粗灰分 Ash/%	25.38	25.82

营养成分含量均以干物质为基础（除干物质外）。

Nutrient contents are based on dry matter except of dry matter.

2.2　发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪生长性能和腹泻率的影响

由表3可知，试验第1~7天、第8~28天和第1~28天，各试验组仔猪的ADFI和ADG

均无显著差异（$P>0.05$）。试验第 1~7 天，发酵芪楂口服液药渣组仔猪的 F/G 显著高于其他 3 组（$P<0.05$）；试验第 8~28 天和第 1~28 天，发酵芪楂口服液药渣组仔猪的 F/G 最低。

表 3　发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪生长性能的影响

Table 3　Effects of QOR and fermented QOR on growth performance of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	芪楂口服液药渣组 QOR group	发酵芪楂口服液药渣组 Fermented QOR group	氧化锌组 Zinc oxide group
始重 IBW/kg	6.07±0.04	6.18±0.09	6.09±0.03	6.12±0.04
平均日采食量 ADFI/(g/d)				
第 1~7 天 Day 1 to 7	0.17±0.00	0.17±0.00	0.17±0.00	0.17±0.00
第 8~28 天 Day 8 to 28	0.52±0.02	0.50±0.00	0.49±0.01	0.51±0.00
第 1~28 天 Day 1 to 28	0.43±0.01	0.43±0.01	0.44±0.01	0.42±0.00
平均日增重 ADG/(kg/d)				
第 1~7 天 Day 1 to 7	0.08±0.01	0.08±0.03	0.06±0.02	0.10±0.00
第 8~28 天 Day 8 to 28	0.31±0.02	0.29±0.01	0.32±0.00	0.29±0.01
第 1~28 天 Day 1 to 28	0.25±0.02	0.24±0.01	0.26±0.01	0.24±0.00
料重比 F/G				
第 1~7 天 Day 1 to 7	$2.16±0.19^{b}$	$1.77±0.12^{b}$	$2.87±0.30^{a}$	$1.67±0.06^{b}$
第 8~28 天 Day 8 to 28	1.77±0.07	1.77±0.07	1.64±0.05	1.77±0.02
第 1~28 天 Day 1 to 28	1.81±0.05	1.82±0.06	1.75±0.07	1.76±0.03
末重 FBW/kg	12.86±0.43	12.64±0.38	13.01±0.17	12.64±0.12

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），相同或无字母表示差异不显著

（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

由表 4 可知，试验各阶段，氧化锌组仔猪的腹泻率均显著低于其他 3 组（P<0.05）。试验第 1~7 天，芪楂口服液药渣组仔猪的腹泻率稍低于对照组，差异不显著（P>0.05）；试验第 1~28 天和第 8~28 天，芪楂口服液药渣组仔猪的腹泻率均稍高于对照组，但差异均不显著（P>0.05）。试验各阶段，发酵芪楂口服液药渣组仔猪的腹泻率均稍高于芪楂口服液药渣组，但差异均不显著（P>0.05）。

表 4　发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪腹泻率的影响

Table 4　Effects of QOR and fermented QOR on diarrhea rate of weaned piglets　　%

项目 Items	对照组 Control group	芪楂口服液药渣组 QOR group	发酵芪楂口服液药渣组 Fermented QOR group	氧化锌组 Zinc oxide group
第 1~7 天 Day 1 to 7	32.7±5.52[a]	31.36±4.18[a]	34.10±4.40[a]	5.24±4.08[b]
第 8~28 天 Day 8 to 28	15.0±1.99[a]	18.76±3.00[a]	20.38±1.36[a]	0.00±0.00[b]
第 1~28 天 Day 1 to 28	19.94±0.99[a]	22.07±2.93[a]	24.02±1.25[a]	1.36±1.06[b]

2.3 发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪营养物质消化率的影响

由表 5 可知，各试验组试验第 7 天仔猪的 DM、GE、CP 和 EE 消化率和试验第 28 天仔猪的 GE 消化率均无显著差异（P>0.05）。试验第 28 天，发酵芪楂口服液药渣组仔猪的 DM 消化率显著低于对照组（P<0.05），与芪楂口服液药渣组和氧化锌组无显著差异（P>0.05）；发酵芪楂口服液药渣组仔猪的 EE 消化率显著低于对照组和芪楂口服液药渣组（P<0.05），与氧化锌组无显著差异（P>0.05）；发酵芪楂口服液药渣组仔猪的 CP 消化率显著低于对照

组和氧化锌组（P<0.05），与芪楂口服液药渣组无显著差异（P>0.05）。

表 5　发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪营养物质消化率的影响

Table 5　Effects of QOR and fermented QOR on nutrient digestibility of weaned piglets　%

项目 Items	对照组 Control group	芪楂口服液药渣组 QOR group	发酵芪楂口服液药渣组 Fermented QOR group	氧化锌组 Zinc oxide group
干物质 DM				
第 7 天 Day 7	52.85±4.77	54.86±9.60	62.27±13.65	37.4±10.16
第 28 天 Day 28	84.37±4.00[a]	63.78±13.93[ab]	51.79±8.68[b]	77.04±8.83[ab]
总能 GE				
第 7 天 Day 7	59.81±4.52	60.96±8.35	65.52±13.13	49.47±8.25
第 28 天 Day 28	84.37±3.88	68.81±12.02	60.32±7.46	80.71±7.62
粗蛋白质 CP				
第 7 天 Day 7	37.10±5.76	40.0±12.05	64.64±12.23	34.05±7.18
第 28 天 Day 28	73.23±6.53[a]	77.08±11.27[ab]	45.66±6.96[b]	70.6±11.02[a]
粗脂肪 EE				
第 7 天 Day 7	57.71±9.42	75.30±5.99	70.50±11.77	53.51±4.76
第 28 天 Day 28	89.46±3.89[a]	87.55±6.70[a]	64.30±8.48[b]	85.19±4.58[ab]

2.4 发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪肠黏膜形态结构的影响

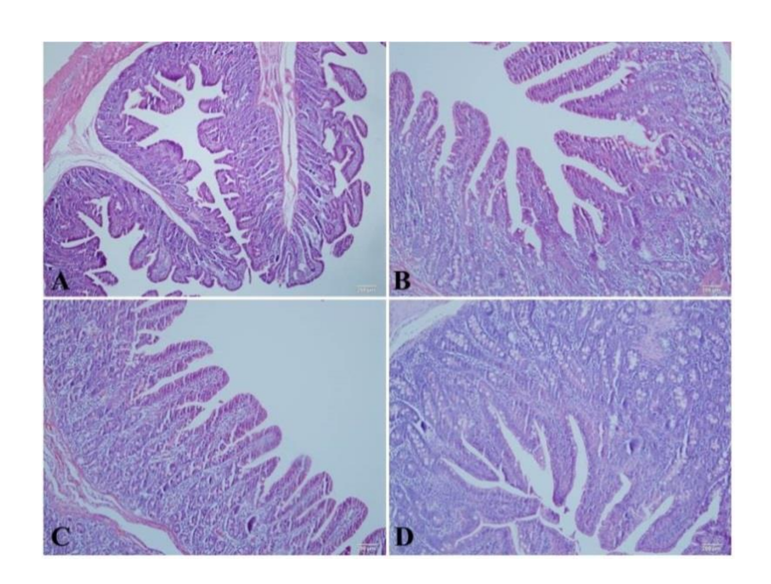
由表 6 和图 1、图 2 可知，芪楂口服液药渣组仔猪的空肠绒毛宽度显著高于对照组

（*P*<0.05）。氧化锌组仔猪的空肠绒毛宽度显著高于对照组（*P*<0.05）；回肠绒毛宽度和隐窝深度显著低于对照组（*P*<0.05），与芪楂口服液药渣组、发酵芪楂口服液药渣组无显著差异（*P*>0.05）。氧化锌组仔猪回肠的 V/C 值显著高于对照组和芪楂口服液药渣组（*P*<0.05），与发酵芪楂口服液药渣组无显著差异（*P*>0.05）。

表 6　发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪肠黏膜形态结构的影响

Table 6　Effects of QOR and fermented QOR on intestinal mucosal morphology of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	芪楂口服液药渣组 QOR group	发酵芪楂口服液药渣组 Fermented QOR group	氧化锌组 Zinc oxide group
绒毛高度 Villus height/μm				
空肠 Jejunum	334.4±21.90	335.8±37.29	345.45±25.65	365.2±18.12
回肠 Ileum	259.98±4.71	258.61±18.15	277.00±12.72	289.53±22.38
绒毛宽度 Villus width/μm				
空肠 Jejunum	146.64±9.57[b]	205.32±7.42[a]	188.64±18.91[ab]	207.76±10.25[a]
回肠 Ileum	177.38±16.92[a]	170.06±12.46[ab]	146.96±7.26[ab]	139.18±5.67[b]
隐窝深度 Crypt depth/μm				
空肠 Jejunum	334.55±15.49	336.68±27.73	334.87±5.49	299.12±15.94
回肠 Ileum	278.41±19.62[a]	260.66±19.48[ab]	243.83±9.37[ab]	217.10±5.80[b]
绒毛高度/隐窝深度 V/C				
空肠 Jejunum	1.26±0.11	1.14±0.13	1.24±0.09	1.33±0.12
回肠 Ileum	1.05±0.05[b]	1.08±0.11[b]	1.51±0.11[ab]	1.90±0.15[a]



A：对照组；B：芪楂口服液药渣组；C：发酵芪楂口服液药渣组；D：氧化锌组。下图同。

A: control group; B: QOR group; C: fermented QOR group; D: zinc oxide group. The same as below.

图 1　断奶仔猪的空肠形态结构

Fig.1　The jejunum morphology of weaned piglets (100×)

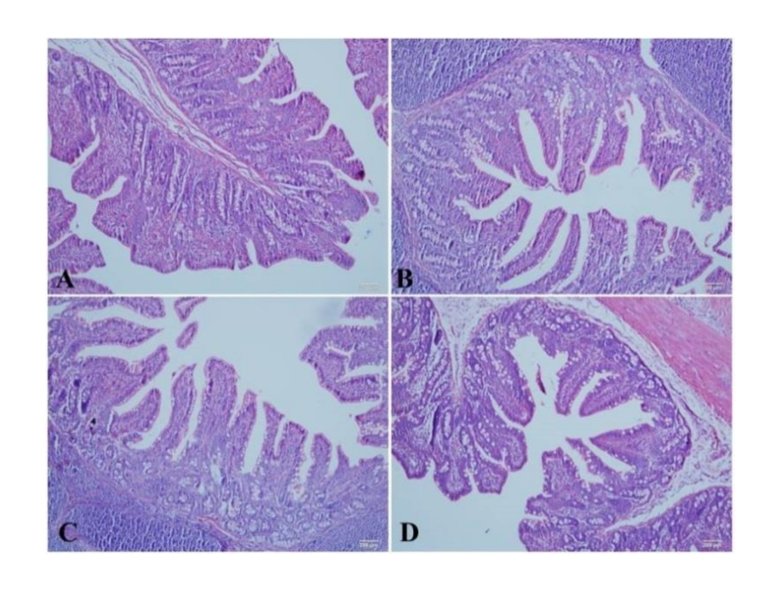


图 2 断奶仔猪的回肠形态结构

Fig.2 The ileum morphology of weaned piglets (100×)

2.5 发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪紧密连接蛋白 mRNA 相对表达量的影响

由表 7 可知，各试验组仔猪空肠、回肠和结肠的 Occludin 和 *ZO*-1 mRNA 相对表达量均无显著差异（*P*>0.05）。

表 7 发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪紧密连接蛋白 mRNA 相对表达量的影响

Table 7 Effects of QOR and fermented QOR on tight junction protein mRNA relative expression of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	芪楂口服液药渣组 QOR group	发酵芪楂口服液药渣组 Fermented QOR group	氧化锌组 Zinc oxide group
闭锁蛋白 Occludin				
空肠 Jejunum	3.93±1.08	4.74±0.87	3.96±0.53	7.57±2.55
回肠 Ileum	2.05±0.20	1.49±0.20	1.58±0.44	1.62±0.33
结肠 Colon	2.84±1.10	2.96±1.05	4.43±0.79	2.76±0.60

紧密连接相关蛋白-1 *ZO*-1				
空肠 Jejunum	0.42±0.15	0.22±0.02	0.35±0.13	0.49±0.18
回肠 Ileum	0.22±0.06	0.19±0.03	0.26±0.02	0.23±0.04
结肠 Colon	0.25±0.08	0.31±0.04	0.20±0.01	0.26±0.03

3 讨 论

3.1 发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪生长性能和腹泻率的影响

受营养、环境和心理等多方面的影响，断奶常导致仔猪生长性能下降、腹泻等应激反应[9]。饲粮中添加发酵中药，可缓解仔猪断奶应激反应，改善其生长性能，降低腹泻率[10]。在本试验中，断奶后第 1~28 天，在饲粮中添加芪楂口服液药渣和发酵芪楂口服液药渣不影响仔猪的生长性能，但发酵芪楂口服液药渣组仔猪的 F/G 比芪楂口服液药渣组降低了 3.9%，表明发酵芪楂口服液药渣在降低 F/G 方面具有一定的效果。这可能与芪楂口服液药渣发酵后其中含有的 CP、DM 和 GE 含量均有所提高有关。张鹏[11]的研究表明，发酵板蓝根制剂可显著提高仔猪的 ADFI 和 ADG，并降低腹泻率和饲料报酬。韩宇等[12]报道，发酵黄芪能显著提高仔猪的 ADG，降低腹泻率。上述研究结果的差异可能与发酵药渣中所含有的有效成分和营养物质不同有一定的关系。据报道，复方中药或复方发酵中药可以显著提高仔猪肠道酶原活性，增强免疫力、抗氧化和抗炎能力，调节肠道菌群平衡，加强消化吸收功能，降低腹泻率[13-14]。而本试验中，饲粮添加芪楂口服液药渣和发酵芪楂口服液药渣后仔猪腹泻率升高，可能与仔猪的消化吸收能力降低、肠道内环境紊乱有关[15]。

3.2 发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪营养物质消化率的影响

中药中所含的生物活性物质不仅可以提高机体的免疫功能，维持内环境平衡，保护动物机体的健康，而且可以提高营养物质的消化率和利用率[16-17]。例如，中草药本身不仅能刺激仔猪对食物中营养物质（特别是蛋白质或氨基酸）的消化吸收[18]，也可以通过直接信号传导机制来调节营养物质的代谢，如氨基酸、一氧化氮（NO）和吡咯啉-5-羧酸信号等[19-20]。

在本试验中，发酵芪楂口服液药渣组 DM、GE、EE 和 CP 消化率在试验第 7 天时大于、试验第 28 天时小于对照组和氧化锌组，提示发酵芪楂口服液药渣可在一定程度上提高断奶仔猪前期肠道消化能力，但降低了断奶仔猪后期肠道的消化力。前人研究表明，饲粮中添加一定比例的苍术、山楂、神曲和甘草等中药粉剂，可提高生长猪对饲粮中 DM、CP、Ash 和 CF 的表观消化率[21]。而本试验所用的芪楂口服液药渣中，黄芪补中益气，山楂健脾开胃，苍术燥湿健脾，水苏糖调节肠道 pH。消化率结果和前人研究结果不太一致，可能与药渣组分及其添加剂量有关。

3.3　发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪肠黏膜形态结构的影响

肠绒毛高度越大，小肠吸收面积就越大；肠绒毛宽度越大、隐窝越深，消化吸收能力就越差；V/C 比值越小，消化吸收功能就越低[22-23]。本试验结果表明，发酵芪楂口服液药渣组空肠和回肠绒毛长度及 V/C 值大于、绒毛宽度和隐窝深度小于芪楂口服液药渣组，表明发酵芪楂口服液药渣在改善肠道形态结构方面效果更佳。这可能与发酵后药渣有效活性成分发挥更完全的作用、肠道有益菌含量升高有关。另外，本试验还发现，饲粮添加氧化锌后仔猪的 V/C 值增加；发酵芪楂口服液药渣组空肠和回肠的 V/C 值与氧化锌组无显著差异，提示其在改善肠道形态结构方面与氧化锌效果相当。Li 等[24]也报道，饲粮添加 3 000 mg/kg 氧化锌能显著增加小肠黏膜的绒毛高度及相关基因的表达，可减少断奶应激对小肠形态结构的损伤，这与本试验结果一致。

3.4　发酵前后芪楂口服液药渣对断奶仔猪紧密连接蛋白 mRNA 相对表达量的影响

Occludin 和 ZO-1 常被作为肠道组织紧密连接屏障和通透性功能的指标[25]。张影超等[26]研究表明，仔猪断奶前后紧密连接蛋白 mRNA 的高表达对仔猪抗腹泻具有重要意义。但在本试验中，试验各组空肠、回肠和结肠的 *ZO*-1 和 Occludin 的 mRNA 相对表达量无显著差异，提示氧化锌和发酵前后芪楂口服液药渣不影响肠上皮细胞的紧密连接，没有改变肠道的通透性。但这与本试验中发酵前后芪楂口服液药渣组仔猪腹泻率升高有所矛盾，具体原因还

需进一步深入探究。

4 结 论

与芪楂口服液药渣相比，饲粮添加发酵芪楂口服液药渣可在一定程度上改善肠道形态结构；并且二者对紧密连接蛋白 mRNA 相对表达量没有显著影响。虽然发酵前后芪楂口服液药渣预防腹泻的效果不如氧化锌明显，但其来源广泛、价格低廉，可作为饲料原料或饲料添加剂用于养猪生产。

参考文献：

[1] YIN J D,LI X L,LI D F,et al.Dietary supplementation with zinc oxide stimulates ghrelin secretion from the stomach of young pigs[J].The Journal of Nutritional Biochemistry,2009,20(10):783–790.

[2] STARKE I C,PIEPER R,NEUMANN K,et al.The impact of high dietary zinc oxide on the development of the intestinal microbiota in weaned piglets[J].FEMS Microbiology Ecology,2014,87(2):416–427.

[3] VILÀ B,ESCRIBANO F,ESTEBAN A,et al.Application of ZnO-functionalised-sepiolite in weaning piglet diets[J].Livestock Science,2010,134(1/2/3):232–235.

[4] KONG X F,WU G Y,YIN Y L.Roles of phytochemicals in amino acid nutrition[J].Frontiers in Bioscience,2011,3(1):372–384.

[5] 汤文杰,孔祥峰,杨峰,等.16 种中草药的营养价值[J].天然产物研究与开发,2010,22(5):867–872.

[6] 李林,刘进辉.芪楂口服液中黄芪甲苷含量的测定[J].中兽医学杂志,2014(7):4–5.

[7] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007.

[8] LI L L,HOU Z P,LI T J,et al.Effects of dietary probiotic supplementation on ileal digestibility of nutrients and growth performance in 1- to 42-day-old broilers[J].Journal of the Science of Food

and Agriculture,2008,88(1):35–42.

[9] 尹富贵,孔祥峰,刘合军,等.中草药对仔猪生长性能和血清生化参数的影响[J].中国科学院研究生院学报,2007,24(2):201–206.

[10] 孔祥峰,印遇龙,黄瑞林,等.中药超微粉饲料添加剂对断奶仔猪生长性能和血清生化参数的影响[J].中国兽医学报,2008,28(2):184–188.

[11] 张鹏.板蓝根发酵制剂对断奶仔猪生产性能和免疫指标的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2013:35–36.

[12] 韩宇,刁新平,宋明鑫,等.发酵黄芪对断奶仔猪日增重、腹泻率及免疫能力的影响[J].东北农业大学学报,2012,43(12):6–9.

[13] JEONG J S,KIM I H.Effect of probiotic bacteria-fermented medicinal plants (*Gynura procumbens,Rehmannia glutinosa,Scutellaria baicalensis*) as performance enhancers in growing pigs[J].Animal Science Journal,2015,86(6):603–609.

[14] LEE S J,SHIN N H,OK J U,et al.Effects of dietary synbiotics from anaerobic microflora on growth performance,noxious gas emission and fecal pathogenic bacteria population in weaning pigs[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2009,22(8):1202–1208.

[15] HANG S Q,ZHU W Y.Gut bacterial and Lactobacilli communities of weaning piglets in response to mannan oligosaccharide and sugar beet pulp *in vitro* fermentation[J].Journal of Integrative Agriculture,2012,11(1):122–133.

[16] CHEN L N,SONG F R,LIU Z Q,et al.Study of the ESI and APCI interfaces for the UPLC-MS/MS analysis of pesticides in traditional Chinese herbal medicine[J].Analytical and Bioanalytical Chemistry,2014,406(5):1481–1491.

[17] GAO H W,MA D D,XU G.Medicinal plant acid-treatment for a healthier herb tea and recycling of the spent herb residue[J].RSC Advances,2012,2(14):5983–5989.

[18] KONG X F,YIN Y L,HE Q H,et al.Dietary supplementation with Chinese herbal powder enhances ileal digestibilities and serum concentrations of amino acids in young pigs[J].Amino Acids,2009,37(4):573–582.

[19] GALLI F.Amino acid and protein modification by oxygen and nitrogen species[J].Amino Acids,2012,42(1):1–4.

[20] GRILLO M A,COLOMBATTO S.S-adenosylmethionine and radical-based catalysis[J].Amino Acids,2007,32(2):197–202.

[21] 游玉波,廖新俤,吴银宝.中草药添加剂对生长猪养分消化率与小肠绒毛影响的研究[J].家畜生态学报,2007,28(3):34–40.

[22] 邓军,李云锋,杨倩.枯草芽孢杆菌和猪源乳酸杆菌混合饲喂对仔猪肠绒毛发育的影响[J].畜牧兽医学报,2013,44(2):295–301.

[23] 宦海琳,白建勇,周维仁,等.抗菌肽对仔猪血清生化指标、肠黏膜形态结构及空肠上皮紧密连接蛋白基因相对表达量的影响[J].动物营养学报,2015,27(12):3797–3804.

[24] LI X L,YIN J D,LI D F,et al.Dietary supplementation with zinc oxide increases IGF-I and IGF-I receptor gene expression in the small intestine of weanling piglets[J].The Journal of Nutrition,2006,136(7):1786–1791.

[25] BERKES J,VISWANATHAN V K,SAVKOVIC S D,et al.Intestinal epithelial responses to enteric pathogens:effects on the tight junction barrier,ion transport,and inflammation[J].Gut,2003,52(3):439–451.

[26] 张影超,王希彪,崔世泉,等.肠上皮紧密连接蛋白 mRNA 的表达与仔猪断奶腹泻关系的研究[J].中国畜牧兽医,2014,41(9):221–224.

Effects of *Qi-Zha* Oral Solution Residues on Growth Performance and Intestinal Health of

Weaned Piglets

SU Jiayi[1,2] KONG Xiangfeng[2,3] LI Huawei[2] LI Zhihua[2] YIN Yulong[2] WANG Zhanbin[1*]

(1. *Henan University of Science and Technology*, *College of Animal Science and Technology*, *Luoyang* 471003, *China*; 2. *Scientific Observing and Experimental Station of Animal Nutrition and Feed Science in South-Central*, *Hunan Provincial Engineering Research Center of Healthy Livestock*, *Ministry of Agriculture*, *Institute of Subtropical Agriculture*, *Chinese Academy of Sciences*, *Changsha* 410125, *China*; 3. *Hunan Co-Innovation Center of Utilizing Plant Functional Components*, *Changsha* 410128, *China*)

Abstract: To evaluate the possibility of herbal residues used as feedstuff or feed additive, a total of 120 piglets weaned at 21 days of age were randomly assigned to four groups, representing control group, *Qi-Zha* oral solution residues (QOR) group, fermented QOR group and zinc oxide group, the effects of QOR and fermented QOR on growth performance, nutrient digestibility, intestinal mucosal morphology and tight junction protein mRNA relative expression of weaned piglets were determined. Each group contained five replicates and each replicate contained six weaned piglets. The experiment lasted for 28 days. The results showed as follows: 1） during the whole experiment stage （day 1 to 28）, the ratio of fee to gain (F/G) of piglets in fermented QOR group was lower than that in control group and QOR group (P>0.05); the diarrhea rate of piglets in zinc oxide group was significantly lower than that in other groups (P<0.05). 2) At day 28 of the experiment, the digestibility of dry matter (DM), ether extract (EE) and crude protein (CP) of piglets in fermented QOR group was significantly lower than that in control group (P<0.05), the EE digestibility was significantly lower than that in QOR group (P<0.05), and the CP digestibility was significantly lower than that in zinc oxide group (P<0.05). 3) The villus height and villus height to crypt depth (V/C) value in jejunum and ileum of piglets in fermented QOR group were

higher than those in QOR group (*P*>0.05), and the crypt depth and villus width were lower those that in QOR group (*P*>0.05). 4) There were no significant differences on the mRNA relative expression of Occludin and zonula occluden 1 in jejunum, ileum and colon among all groups (*P*>0.05). In conclusion, compared with the QOR, the fermented QOR can improve the intestinal morphology of weaned piglets in a certain extent, there is no significant effect on the mRNA relative expression of tight junction protein when dietary supplementation with fermented QOR and QOR.

Key words: *Qi-Zha* oral solution residues; fermentation; weaned piglets; growth performance; intestinal health

---

*Corresponding author, professor, E-mail: wangzhanbin3696@126.com （责任编辑　武海龙）